

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ФАКУЛЬТЕТ БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ
(повна назва інституту/факультету)
КАФЕДРА БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ
(повна назва кафедри)

До захисту допущено:

В. о. завідувача кафедри

Владислав ШЛИКОВ
(підпис) (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«___» _____ 2020 р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою Клінічна інженерія
(назва)

спеціальності 163 «Біомедична інженерія»
(код та назва)

на тему: Пристрій магнітотерапії на основі мікроконтролера

Виконав (-ла): студент (-ка) 4 курсу, групи БМ-61
(шифр групи)

Ягхі Хуссеін
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник к.т.н. доц. каф. БМІ Зубчук Віктор Іванович
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Консультант 4 Демчук Г.В., доц. каф. ОППЦБ
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Нормоконтрол ст. викл. каф. БМІ Юр'єва Катерина Олександрівна
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Рецензент доц. каф. ББЗЛ Антонова-Рафі Юлія Валеріївна
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2020

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет (інститут)	Біомедичної інженерії
Кафедра	Біомедичної інженерії
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Спеціальність	163 «Біомедична інженерія»
Освітньо-професійна програма	Клінічна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри

Владислав ШЛИКОВ
(підпис) (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«___» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

Ягхі Хуссеін

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Пристрій магнітотерапії на основі мікроконтролера

керівник роботи Зубчук Віктор Іванович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «02» 06 2020 р. №70/20

2. Термін подання студентом роботи 08.06.2020

3. Вихідні дані до роботи наукова та технічна література і технічні форуми

4. Зміст роботи вибірчастини, програмування мікроконтролера, розробка мобільного додатка, моделювання з'єднання з пристроєм, встановлення мікроконтролера в пристрій.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо) електронна презентація в форматі .ppt

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Демчук Г.В., доц. каф. ОППЦБ		

7. Дата видачі завдання 01.03.2020

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання		
2	Вибір сумісних частин		
3	Програмування мікроконтролера		
4	Навчитися користуватися необхідними програмними засобами		
5	Розробка мобільного додатка		
6	Моделювання з'єднання з пристроєм		
7	Охорона праці		
8	Написання пояснювальної записки до роботи		

Студент

(підпис)

Ягхі Хуссеїн
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

ВікторЗубчук
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Анотація

Тема дипломної роботи: “Пристрій магнітотерапії на основі мікроконтролера”.

Обсяг звіту становить 56 сторінок, міститься 18 ілюстрації, 13 таблиць, 2 додатків. Загалом опрацьовано 15 джерела.

Актуальність

Після технологічної революції майже у кожної людини є смартфон, ці телефони можуть мати невеликі розміри, але вони можуть виконувати багато функцій, які комп'ютер кілька років тому не міг зробити. Bluetooth - відносно стара технологія, але до цих пір це один з найпопулярніших методів спільної діяльності між двома пристроями, і тепер Bluetooth має велике значення в медицині.

Ця робота заснована на тому, як використовувати технологію Bluetooth в телефоні для управління медичним пристроєм, в даному випадку пристроєм магнітної терапії.

Мета ДП: програмування мікроконтролера Arduino та мобільного додатку для бездротового керування магнітотерапевтичним пристроєм.

Задачі ДП:

- Програмування мікроконтролера
- Розробка додатка для бездротового керування пристроєм
- Встановлення мікроконтролера в пристрій

Ключові слова: потенціометр, мікроконтролер, слайдер, магнітотерапія, Arduino, Bluetooth.

Annotation

Diploma work topic: "Microcontroller for magnet therapy device."

Publish 56 pages, 18 illustration, 13 tables, 2 additions. A total of 15 sources were processed.

After the technological revolution, almost every individual has a smartphone, those phones may be small in size but can perform a lot of functions computer a few years ago couldn't do it. Bluetooth is a relatively old technology but until now it is one of the most popular connectivity methods between two devices, and now Bluetooth have a lot of implementation in medicine.

This work is based on how to use Bluetooth technology in the phone to control a medical device in this case a magnetic therapy device.

The purpose of the diploma work: programming of the Arduino microcontroller and a mobile application for wireless control of the magnetotherapeutic factor.

Tasks of the diploma work:

- Microcontroller programming
- Developing a mobile app part for wirelessly controlling the device
- Installing the microcontroller in the device

Keywords: potentiometer, microcontroller, slider, magnetic therapy, Arduino, Bluetooth.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД	10
1.1. Визначення магнітотерапії.....	10
1.2. Як працює магнітна терапія на тіло людини.....	11
1.3. Вибрані частини	12
1.3.1. Arduino Uno R3:.....	12
1.3.2. AD5206 цифровий потенціометр:.....	14
1.3.3. Модуль Bluetooth HC-05	16
1.4. Вибрані Software:.....	17
1.4.1. Arduino IDE:.....	17
1.4.2. MIT App Inventor 2	18
1.4.3. Fritzing.....	20
Висновки до розділу 1	21
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ.....	22
2.1. Програмування Arduino Uno.....	22
2.1.1. Управління через комп'ютер	22
2.1.2. Управління через мобільний додаток	24
2.2. Програмування мобільного додатка.....	27
2.2.1. Перший екран:	27
2.2.2. Другий екран:	29
2.2.3. Інтерфейс у телефоні.....	32
2.3. Моделювання схема	34
Висновки до розділу 2	36

					БМ61.05.0206.7020			
Вим		№ докум.		Дата	Пристрій магнітотерапії на основі мікроконтролера	Лім.		
Розробив	Яєхі Хуссейн							
Перевірів	Зубчук В.І.							
Реценз.	Антонова-Рафі Ю.В.							
Н. Контр.	Юр'єва К. О.					КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Затвердив	Шпиков В. В.							

РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ	37
3.1. Характеристика прилада і приміщення кабінету.....	37
3.2. Джерела фізичних небезпечних і шкідливих факторів	40
3.3. Небезпека ураження електричним струмом	41
3.4. Небезпека пожежі.....	42
Висновки до розділу 3	43
ВИСНОВКИ.....	44
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	45
Додаток.....	47

					БМ61.07.0206.7020	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

ВСТУП

Після технологічної революції майже у кожної людини є смартфон, ці телефони можуть мати невеликі розміри, але вони можуть виконувати багато функцій, які комп'ютер кілька років тому не міг зробити. Bluetooth - відносно стара технологія, але до цих пір це один з найпопулярніших методів спільної діяльності між двома пристроями, і тепер Bluetooth має велике значення в медицині.

Ця робота заснована на тому, як використовувати технологію Bluetooth в телефоні для управління медичним пристроєм, в даному випадку пристроєм магнітної терапії.

Мета ДП: програмування мікроконтролера Arduino та мобільного додатку для бездротового керування магнітотерапевтичним пристроєм.

Задачі ДП:

- Програмування мікроконтролера
- Розробка додатка для бездротового керування пристроєм
- Встановлення мікроконтролера в пристрій

					БМ61.07.0206.7020	Лист
						2
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД

1.1. Визначення магнітотерапії

Магнітна терапія - безпечний неінвазивний метод нанесення магнітних полів на тіло для терапевтичних цілей. (Іншими словами, магнітна терапія - це використання специфічних магнітів для спонукання травмованих частин тіла до більш швидкому загоєнню за рахунок збільшення магнітних полів навколо них. Прихильники вважають, що кров магнітна і що ці магніти залучають понад здорову кров до проблеми. Крім того, вважається, що магніти поліпшують інші області вашого життя, дозволяючи вам краще спати і мати всі ці переваги без будь-яких несприятливих побічних ефектів.

Відомо, що стародавні цивілізації використовували магніти для лікування хвороб. Гіппократ, грецький лікар IV століття, записав, що магніти використовувалися в його день; а також стародавніх єгипетських священиків. Були деякі, наприклад, швейцарський лікар і хімік XV століття Парацельс, який вважав, що магніти УУУ повертають хвороби з тіла. Навіть в медицині того часу магніти використовуються в магнітно-резонансних зображеннях (МРТ) та інших медичних процедурах. [1]

Поряд з тепло, водо і геліотерапією магнітотерапія є одним з найстаріших методів фізіотерапії, що застосовуються для боротьби з недугами. У своєму розвитку вона знала підйоми і спади, і лише в останні роки завдяки активній розробці наукових основ методу і випуску сучасної апаратури магнітотерапія міцно увійшла в арсенал ефективних немедикаментозних лікувальних засобів.[8]

					БМ61.07.0206.7020	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Як працює магнітна терапія на тіло людини

Прихильники магнітної терапії вважають, що травми і хвороби викликають порушення електромагнітного поля тіла. У відповідь магніти різної потужності використовуються для виробництва енергетичних полів, корекції дисбалансів і відновлення здоров'я уражених органів, клітин і систем. Зокрема, вважається, що магнітні поля, одержувані з негативного полюса магніту, володіють цілющою силою, такий як:

- Стимуляція обміну речовин
- Збільшення кількості кисню, доступного клітинам
- Створення менш кислотного внутрішнього середовища
- Прискорення процесу загоєння порізів і зламаних кісток
- загоєння інфекцій
- Протидія впливу токсинів, шкідливих речовин і наркотичних засобів [9]

					БМ61.07.0206.7020	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.3. Вибрані частини

1.3.1. Arduino Uno R3:



Рисунок 1.1– Arduino uno R3

ArduinoUno - мікроконтролерна основі Atmega328p (таблиці даних). Він має 14 цифрових вхідних / вихідних штирьків (з яких 6 можуть бути використані як виходи PWM), 6 аналогових входів, 16 МГц керамічний резонатор (CSTCE16M0V53-R0), USB-з'єднання, накопичувач харчування, заголовок ICSP і кнопку скидання. Він містить все необхідне для підтримки мікроконтролера; просто під'єднати до комп'ютера за допомогою USB-кабелю або включити його з адаптером або батареєю AC-to-DC для запуску.[2]

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики Ардуіно уно

мікроконтролер	Atmega328p
робоча напруга	5В
Вхідна напруга (рекомендується)	7-12В
Вхідна напруга (межа)	6-20В
Цифрові Пін I / O	14 (з яких 6 забезпечують висновок ПВХ)
ПШМ Цифрові ТО / Про	6

Аналогові вхідні штифти	6
DC Current per I / O Pin	20 мА

Продовження Таблиця 1.1

DC Current для 3.3V Pin	50 мА
Флеш-пам'ять	32 КБ (Atmega328p), з яких 0,5 КБ використовується завантажувачем
осоромлювати	2 КБ (Атмех328p)
ЕЕМР	1 КБ (Атмех328п)
тактова швидкість	16 МГц
LED_BUILTIN	13
довжина	68,6 мм
Ширина	53,4 мм
вага	25 г

Atmega328p - Високопродуктивний мікроконтролер Мікрочіп рiсоPower 8-бітний AVRISC поєднує 32 КБ ISP флеш-пам'ять з можливостями читання і запису, 1024BEEPROM, 2KBSRAM, 23 лінії загального призначення I / O, 32 робочих регістра загального призначення, три гнучких таймера / лічильника з порівнянними режимами, внутрішні і зовнішні переривання, послідовні програмовані USART, двупроводний послідовний інтерфейс, послідовний порт SPI, 6-канальний 10-розрядний перетворювач А / D (8-канальний в пакетах TQFP і QFN / MLF) програмований таймер з внутрішнім осцилятором і п'ятьма програмними засобами з можливістю вибору режимів енергозбереження. Пристрій працює від 1,8 до 5,5 вольт.[3]

					БМ61.07.0206.7020	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.3.2. AD5206 цифровий потенціометр:

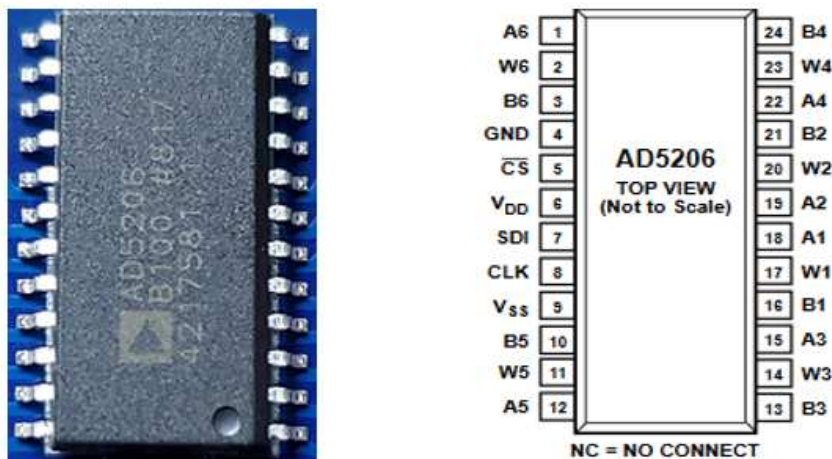


Рисунок 1.2 –AD5206 цифровий потенціометр

AD5206 оснащені 6-канальними, 256-позиційними цифровими змінними резисторами (VR). Ці пристрої виконують ту ж функцію електронного регулювання, що і потенціометр або резистор змінної. Кожен канал AD5206 містить нерухомий резистор з контактом склоочисника, який натискає фіксоване значення резистора в точці, визначеній цифровим кодом, завантаженим в SPI-сумісний регістр послідовних входів. Опір між склоочисником і будь-який кінцевою точкою нерухомого резистора змінюється лінійно по відношенню до цифрового коду, переданому в засувку VR. Резистор змінної забезпечує повністю програмований значення опору між терміналом А і склоочисником або терміналом В і склоочисником. Фіксована кінцеве опір А-до-В 10 кΩ,

Кожен VR має свою власну засувку VR, яка зберігає свою запрограмовану величину опору. Ці VR-засувки оновлюються з внутрішнього регістра послідовних-паралельних зрушень, який

завантажується з стандартного 3-проводового послідовного цифрового інтерфейсу. Одинадцять бітів даних складають слово даних, включене в реєстр послідовних введень. Перші три біта декодуються, щоб визначити, яка VR засувка завантажена з останніми вісьмома бітами слова даних, коли стрибає CS повертається в високий логічний рівень. Послідовний показчик виведення даних в протилежному кінці серійного регістра дозволяє виробляти просте зчеплення в декількох VR-додатках без додаткової зовнішньої логіки декодування.[3]

Pin No.	Name	Description
1	A6	Terminal A RDAC 6.
2	W6	Wiper RDAC 6. Address = 101 ₂ .
3	B6	Terminal B RDAC 6.
4	GND	Ground.
5	CS	Chip Select Input (Active Low). When \overline{CS} returns high, data in the serial input register is decoded based on the address bits, and then it is loaded into the target RDAC latch.
6	V _{DD}	Positive Power Supply. This pin is specified for operation at both 3 V and 5 V. It is the sum of $ V_{DD} + V_{SS} < 5.5 \text{ V}$.
7	SDI	Serial Data Input. Data is input MSB first.
8	CLK	Serial Clock Input. This pin is positive edge triggered.
9	V _{SS}	Negative Power Supply. This pin is specified for operation at both 0 V and -2.7 V. It is the sum of $ V_{DD} + V_{SS} < 5.5 \text{ V}$.
10	B5	Terminal B RDAC 5.
11	W5	Wiper RDAC 5. Address = 100 ₂ .
12	A5	Terminal A RDAC 5.
13	B3	Terminal B RDAC 3.
14	W3	Wiper RDAC 3. Address = 010 ₂ .
15	A3	Terminal A RDAC 3.
16	B1	Terminal B RDAC 1.
17	W1	Wiper RDAC 1. Address = 000 ₂ .
18	A1	Terminal A RDAC 1.
19	A2	Terminal A RDAC 2.
20	W2	Wiper RDAC 2. Address = 001 ₂ .
21	B2	Terminal B RDAC 2.
22	A4	Terminal A RDAC 4.
23	W4	Wiper RDAC 4. Address = 011 ₂ .
24	B4	Terminal B RDAC 4.

Рисунок 1.3– AD5206 цифровий потенціометр

					БМ61.07.0206.7020	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.3. Модуль Bluetooth HC-05

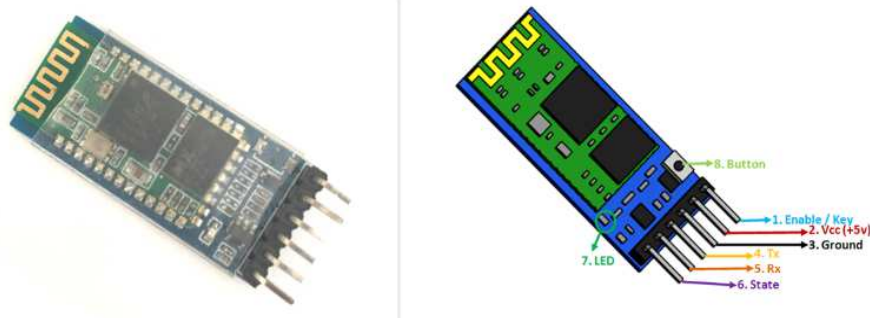


Рисунок 2.4—Модуль Bluetooth HC-05

Таблиця 2.3 - Конфігурація штифта HC-05

Пін-номер	ім'я Піна	опис
1	Включити / Кнопка	Цей штифт використовується для перемикання між режимом даних (встановити низький) і командним режимом АТ (встановити високий рівень). За замовчуванням він знаходиться в режимі даних
2	Увімкнути	Потужність модуля. Підключитися до напруги живлення +5
3	заземлювати	Перший штифт модуля, встановіть з'єднання з системної майданчику.
4	TX - Передавач	Передає серійні дані. Все, що буде отримано через Bluetooth, буде видаватися цим значком як послідовні дані.
5	RX - Ресивер	Отримання послідовних даних. Всі послідовні дані, надані цьому значку, транслюватимуться через Bluetooth
6	державний	Штифт стану підключений до бортового світодиоду, його можна використовувати в якості зворотного зв'язку для перевірки правильності роботи Bluetooth.
7	СІД	Вказує стан модуля <ul style="list-style-type: none"> • Моргнути один раз в 2 секунди: модуль увійшов в командний режим • Періодичну моргання: очікування з'єднання даних • Блімати двічі в 1 сек: з'єднання успішно в режимі даних
8	Гудзик	Використовується для управління Key / Enable pin для перемикання між Data і Command Mode

HC-05 є дуже хорошим модулем, який може додати двосторонню (полнодуплексну) бездротову функціональність в ваші проекти. Цей модуль можна використовувати для зв'язку між двома мікроконтролерами, такими як Arduino, або для зв'язку з будь-яким пристроєм з функціональністю Bluetooth, як телефон або ноутбук. Існує багато додатків для андроїдів, які вже доступні, що робить цей процес набагато простіше. Модуль спілкується за допомогою USART з частотою 9600 baud, тому легко взаємодіяти з будь-яким мікроконтролером, який підтримує USART. Ми також можемо налаштувати значення модуля за замовчуванням за допомогою командного режиму.[5]

1.4. Вибрані Software:

1.4.1. Arduino IDE:

IDE означає "Integrated Development Environment": це офіційне програмне забезпечення, представлене Arduino.cc, яке використовується в основному для редагування, компіляції та завантаження коду в Arduino Device. Майже всі модулі Arduino сумісні з цим програмним забезпеченням, яке є відкритим вихідним кодом і легко доступне для установки і початку компіляції коду на початку.[6]

					БМ61.07.0206.7020	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

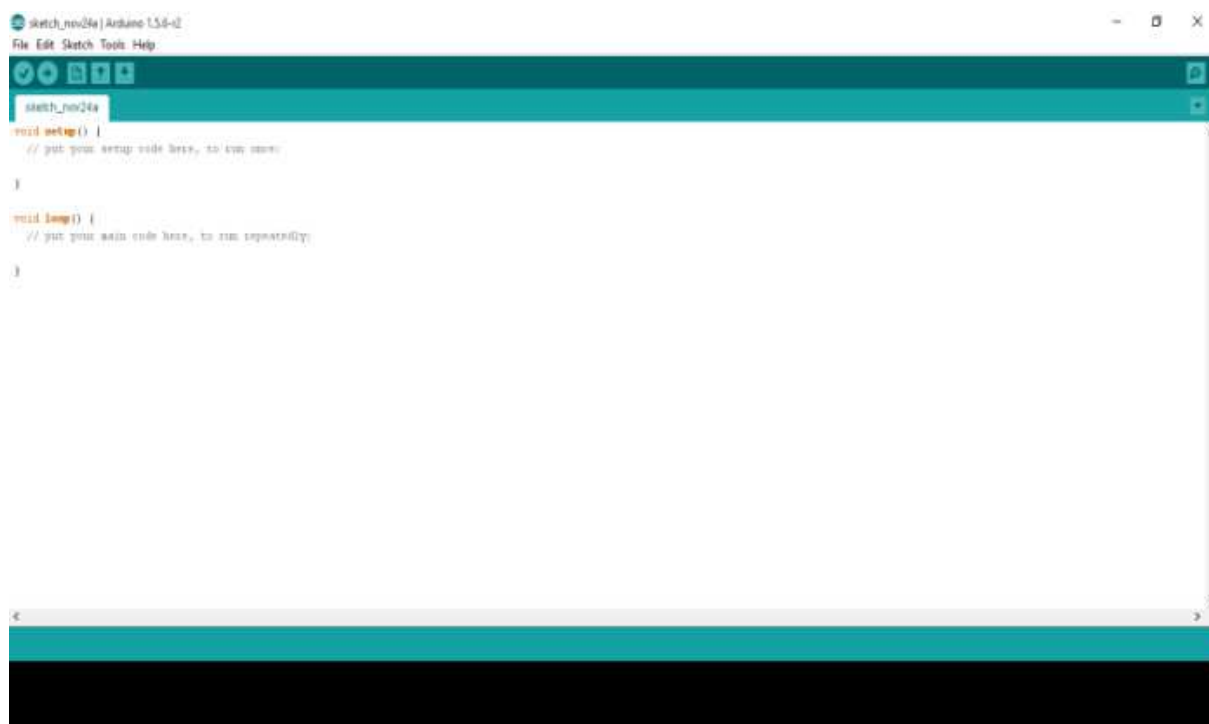


Рисунок 1.5 – Інтерфейс Arduino IDE

1.4.2. MIT App Inventor 2

MIT App Inventor for Android - візуальне середовище програмування для створення додатків для смартфонів і планшетів на основі Android. Він був розроблений в Google Labs командою під керівництвом Хела Абелсона з MIT в 2009 [6]. В кінці 2011 року, з грантом від Google, Abelson приніс проєкт MIT, де він тепер розміщений в новому Центрі мобільного навчання (CML) в Media Lab. З тих пір він був перенесений з Google в MIT, був наданий ряд поліпшень. App Inventor - проєкт з відкритим вихідним кодом. Будь-хто може завантажити вихідний код, атакувати, налаштувати і розширити функціональність системи.

					БМ61.07.0206.7020	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Проект поширюється на умови ліцензії MIT [8]. Його поточна версія App Inventor 2 (Ai2) є марним інструментом, на відміну від попередніх версій. Це дозволяє користувачам створювати додатки прямо в своєму веб-браузері. Для розробки додатків в App Inventor вам не потрібно писати код. Замість цього ви візуально проектуєте, як додаток виглядає у вікні конструктора, і використовуєте блоки взаємопов'язаних компонентів в редакторі блоків для управління поведінкою додатка). Як згадувалося вище, App Inventor складається з двох основних частин: дизайнера і редактора блоків.

У Designer користувач може розробити для користувача інтерфейс свого застосування з використанням різних компонентів в палітрі, перерахованих в декількох меню. Наприклад, користувач може помістити компонент кнопки в екран свого телефону, просто вибравши його з меню інтерфейсу користувача і перетягнувши його на екран. Інші компоненти перераховані в різних меню, таких як Media, Social, Sensors і т. Д. У редакторі блоків користувач може програмувати поведінку кожного компонента, вибираючи зі списку зумовлених блоків команди для кожного компонента. Команди класифікуються або як блоки, рухомі подіями, тобто коли кнопка. Клікнувши до С. або встановіть блоки для установки значень компонента або змінною.[8]

					БМ61.07.0206.7020	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

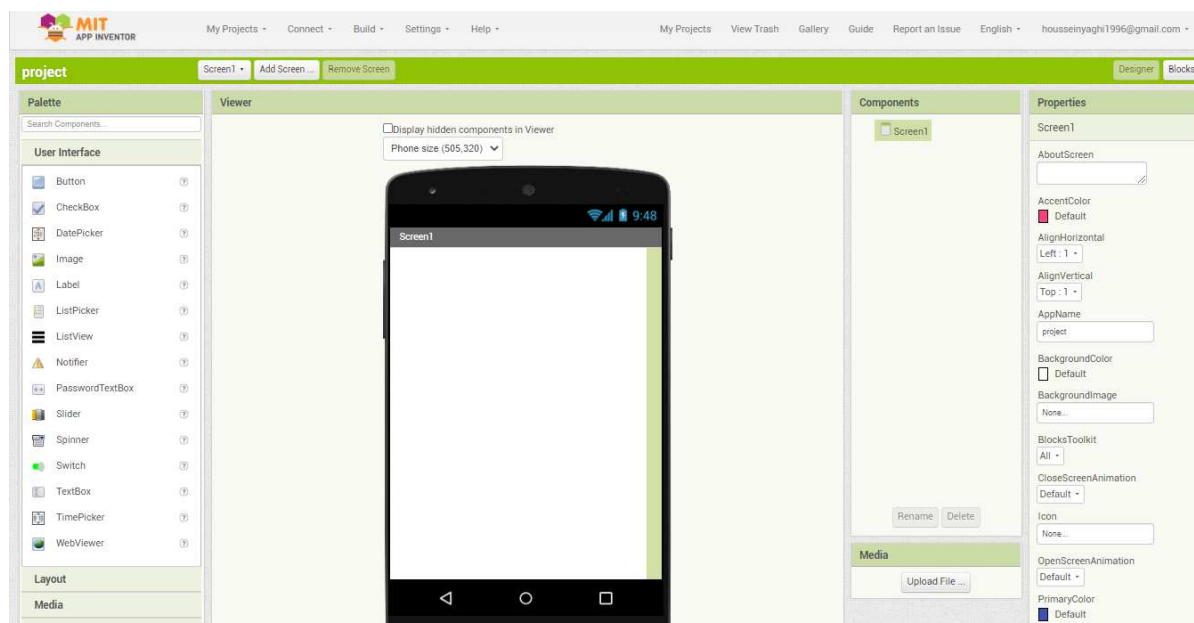


Рисунок 1.6 –Інтерфейс MIT App Inventor 2

1.4.3. Fritzing

Fritzing - це апаратне забезпечення з відкритим кодом, що робить електроніку доступною як творчий матеріал для будь-кого. Ми пропонуємо програмний інструмент, веб-сайт та послуги спільноти в дусі Processing та Arduino, що сприяють створенню творчої екосистеми, яка дозволяє користувачам документувати свої прототипи, ділитися ними з іншими, навчати електроніку в класі, а також компонувати та виготовляти професійні друковані комп'ютери.[10]

Програмний пакет Fritzing може стати в нагоді в таких стадіях розробки, як начерк прототипу схеми на макетної плати, а також автоматичне генерування принципової схеми і друкованої плати. Цільова аудиторія програми - творчі люди, дослідники, дизайнери, радіоаматори, що працюють

					БМ61.07.0206.7020	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

з інтерактивними електричними пристроями. Fritzing створювалася для Arduino, апаратно-програмної платформи, що складається зі звичайної плати з мікро контролером Atmel AVR, радіодеталей для програмування, інтерфейсів зв'язку, середовища розробки Processing / Wiring. Arduino застосовується в створенні автономних інтерактивних апаратів.[11]

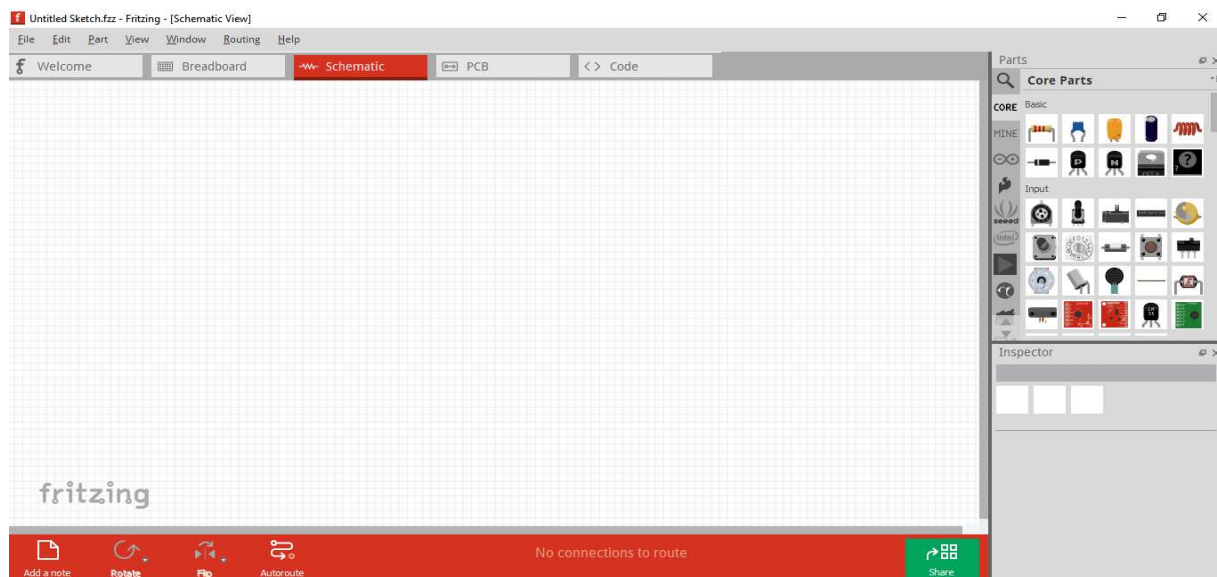


Рисунок 1.7–ІнтерфейсFritzing

Висновки до розділу 1

Мета цього розділу полягала в роз'ясненні вибору апаратного і програмного забезпечення, необхідного в цьому проекті. Як ми бачимо, основною причиною була простота використання як Arduino, так і MIT APP винахідників, особливо для початківців, і відкриті вихідні коди обох, які дають багато прикладів, щоб слідувати і сечі показав величезні вигоди обидва з них.Також було показано огляд магнітної терапії та як вона впливає на організм людини.

					БМ61.07.0206.7020	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ

Пристрій магнітної терапії, що використовується тут, є некомерційним пристроєм. Він генерує електромагнітні хвилі на основі форми, сформованої шляхом зміни положення набору повзунків, в основному вони є аналоговими потенціометрами. Таким чином, шляхом передачі пристрою на мікроконтролер та на цифрові потенціометри на ньому, пристрій можна керувати мобільним додатком.

2.1. Програмування Arduino Uno

2.1.1. Управління через комп'ютер

Управління пристроєм через комп'ютером - це основний спосіб взаємодії з пристроєм. Підключення буде здійснюватися підключенням мікроконтролера до ПК за допомогою кабелю USB-A до USB-B. користувач вибере «канал» від 0 до 11, кожен канал - незалежний цифровий потенціометр, після вибору каналу користувач введе значення потенціометра, яке становить від 0 до 255, але виконуючи це, користувач не буде здатний візуалізувати форму хвилі, оскільки він вводить лише значення. На малюнку 2.1 показаний алгоритм коду А, який використовується в мікроконтролері.

					БМ61.07.0206.7020	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

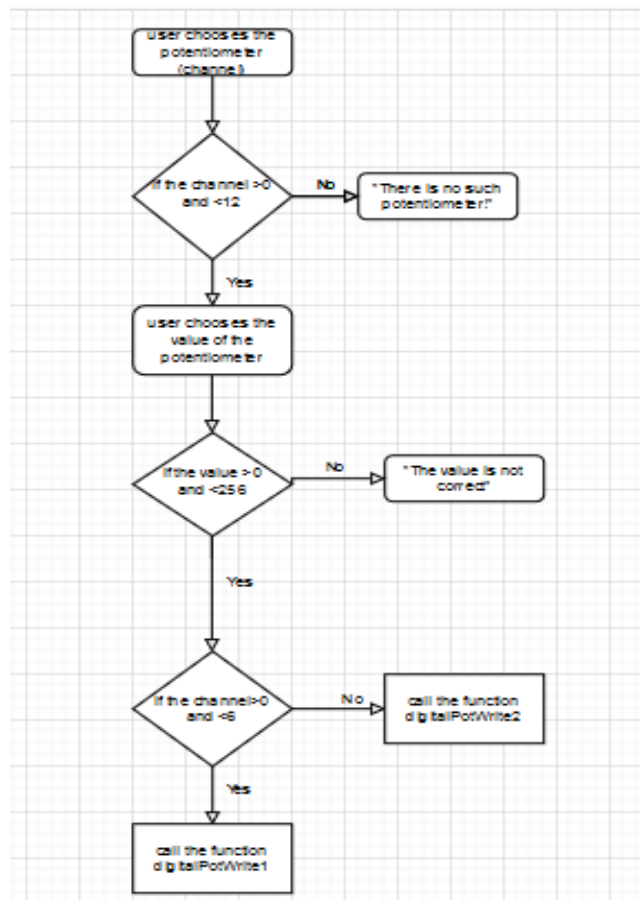


Рисунок 2.1 – блок діаграми коду А

Дві основні функції, що використовуються в коді, показані, як детально описано нижче

Кодфункцій:

```

void digitalPotWrite1 (int channel, int value) {
// Для вибору чіпа використовуйте нижню точку CC:
digitalWrite(SS1, LOW);
delay(100);
// відправити адреса і значення через SPI:
SPI.transfer (channel);
SPI.transfer (value);
delay (100);
}
  
```

```

// взяти верхній штифт SS, щоб видалити чип:
digitalWrite(SS1, HIGH);
}
void digitalPotWrite2 (int channel, int value) {
// Для вибору чіпа використовуйте нижню точку SS:
digitalWrite(SS2, LOW);
delay (100);
// відправити адреса і значення через SPI:
SPI.transfer (channel);
SPI.transfer (value);
delay (100);
// взяти верхній штифт SS, щоб видалити чип:
digitalWrite(SS2, HIGH);

```

2.1.2. Управління через мобільний додаток

Попередній код не сумісний у разі керування за допомогою Bluetooth, оскільки він складається з відправлення користувачем двох значень, що не є практичним, замість цього, додаючи номер каналу до значення потенціометра, який мікроконтролер зможе розпізнати і відокремлюють значення для кожного цифрового потенціометра, замінюючи значення, задане на число каналу, помножене на 1000. Цей код буде називатися кодом В.

					БМ61.07.0206.7020	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

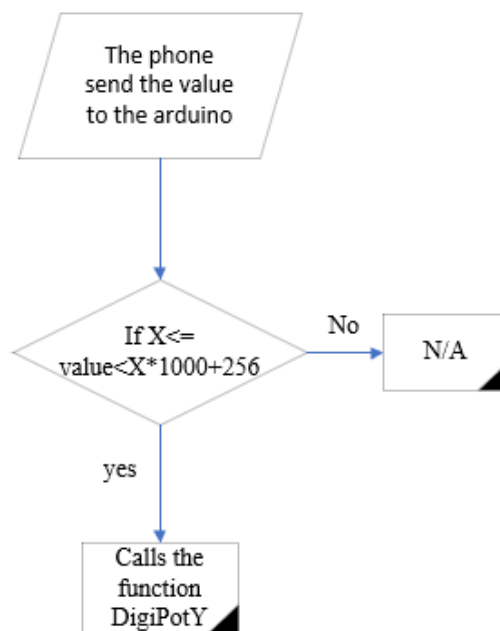


Рисунок 2.2 – блок діаграми коду В

На малюнку 2.2 X може мати значення від 0 до 11 (значення, пов'язані з потенціометром), а Y може мати значення 1 або 2 (числа, пов'язані з функціями). Отже, якщо $0 \leq X < 6$ Y буде дорівнює 1-му, якщо $6 \leq X < 12$ Y буде дорівнює 2. Це було зроблено, тому що кожен чіт AD5206 містить 6 каналів)

Функції будуть відпочивати однаково.

Приклад найбільш повторюваної частини в коді В:

```

// Користувач вибирає один з потенціометрів
elseif(( value >= 5000 ) && ( value <= 5255 )){
  intchannel = 5
  // Виклик функції digitalPotWrite2
  digitalPotWrite2(channel , value - 5000 )
}
  
```



```

int value = Serial.parseInt()
else if (( value>= 6000 )&& ( value<= 6255)){
int channel = 0
// Виклик функції digitalPotWrite2
digitalPotWrite2(channel , value - 6000 )
}
int value = Serial.parseInt()
else if (( value>= 2000 )&& ( value<= 2255)){
int channel = 2
// Виклик функції digitalPotWrite1
digitalPotWrite(channel , value - 2000 )
}
int value = Serial.parseInt()
else if (( value>= 8000 )&& ( value<= 8255)){
int channel = 2
// Виклик функції digitalPotWrite2
digitalPotWrite2(channel , value - 8000 )

```

					БМ61.07.0206.7020	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Програмування мобільного додатка

2.2.1. Перший екран:

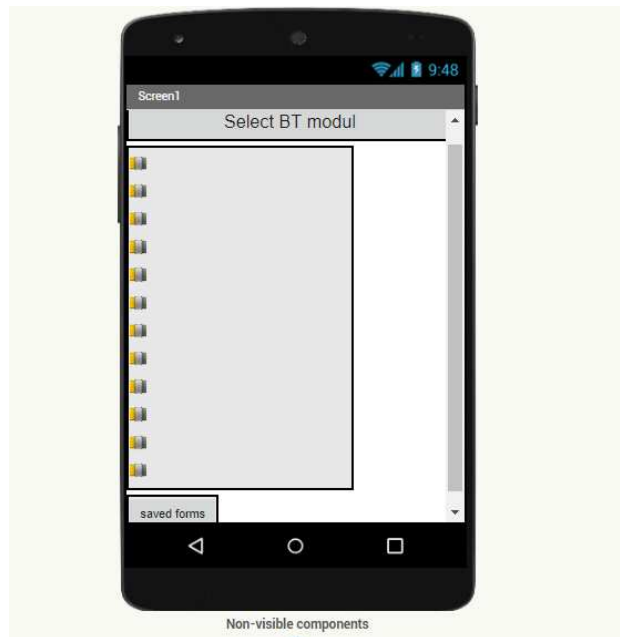


Рисунок 2.3 – інтерфейс користувача (Перший екран)

На малюнку 6.1 показаний дисплей, з яким користувач буде взаємодіяти. У верхній частині екрану знаходиться кнопка "SelectBTmodul" (Виберіть модуль Bluetooth), що дозволить користувачу вибрати, до якого пристрою підключається Bluetooth (в даному випадку це повинен бути модуль HC-05). Після цього, це набір з 12 слайдерів, які гратимуть рулон фізичних слайдерів. Кожен з цих повзунків дасть значення від 0 до 255, яке буде передаватися на кожен канал цифрового потенціометра.

Додавання до видимих елементів, згаданим вище, деяких невидимих елементів:

а) Bluetoothclient: це встановить всю зв'язок між телефоном і мікроконтролером

					БМ61.07.0206.7020	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

б) Мітки: поруч з кожним повзунком знаходиться невидима мітка, яка реєструє значення, дане повзунком



Рисунок2.4– розділ блоків(Перший екран)

У блоці показані блоки, які використовуються для побудови коду програми, кожен блок має свої властивості, показання на малюнку 6.2

Ці блоки працюють таким чином:

- Перший блок зверху: при натисканні "select BT modul" у виборі дизайну додаток покаже список усіх парних пристроїв на телефон
- Другий блок зверху: при виборі одного з пристроїв (в даному випадку модуля HC-05) пристрій підключається до цього пристрою, викликаючи функцію "Bluetoothclient1"
- Третій блок зверху: це головний блок коду і він буде повторюватися 12 разів, тому що кожен блок з'єднаний з одним з повзунків. У цьому блоці телефон надішле номер мікроконтролера, цей номер визначається положенням великого пальця при переміщенні повзунка. Зміна положення великого пальця змінить значення мітки, пов'язаної з повзунком, а потім відправити його з Bluetoothclient до Arduino

– “ Savedforms”:Ця кнопка змінить користувальницький інтерфейс на другий екран, де зберігаються найпопулярніші форми хвиль, використовувані в терапії магнітом

Цей процес все одно буде повторюватися автоматично, поки користувач не перестане рухати повзунки.

2.2.2. Другий екран:

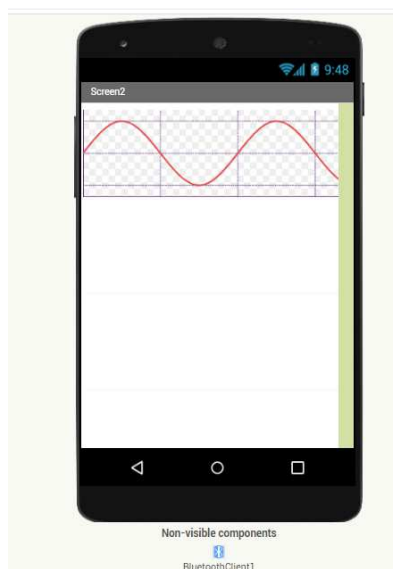


Рисунок 2.5 – інтерфейс користувача (Другий екран)

На малюнку 2.5 показано 4 кнопки, кожна кнопка пов'язана зі спеціальною формою хвилі, яка попередньо зберігається на ній. Але через невідому проблему з сайтом, фотографії трьох форм хвилі не відображалися на ПК, а були нормальними в додатку (Рисунок 2.10)

Вибрані 4 форми хвилі:

– Синусоїдальна форма:

					БМ61.07.0206.7020	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29

Аналоговые синусоидальные волны впервые были использованы в терапии магнитным полем более 100 лет назад, и в основном они основывались на системе распределения электрической энергии 50 и 60 Гц в домашних условиях. Это тогда называлось синусоидальной терапией. Ученые обнаружили, что наш мозг генерирует синусоидальные частоты от 1 до 40 Гц, чтобы контролировать характер сна и повышать бдительность. Они разделили эти частоты на группы полос частот, которые называются дельта, тета, альфа и бета. У MAS есть программы и специальные настройки, чтобы активировать эти частоты в вашем мозге и теле, чтобы способствовать отдыху и повышению энергии.[12]

- Прямокутна форма
- Трикутна форма
- Пивоварна форма:

Наиболее известной формой сигнала является пилообразная форма волны, введенная Бассеттом в 1974 году. Доктор Бассетт заметил, что изменения электромагнитного сигнала вызывают электрический ток в обрабатываемой ткани, причем максимальный ток индуцируется, когда сигнал изменяется наиболее резко, а именно, когда оно падает от своего пикового значения до самого низкого значения (время падения).

Пьезоэлектрический ток, индуцируемый внутри кости, ускорял заживление кости. В результате работы Бассетта эта форма волны была одобрена FDA в США с 1979 года для лечения несращенных переломов и для помощи при операциях на сращении позвоночника.[13]

					БМ61.07.0206.7020	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

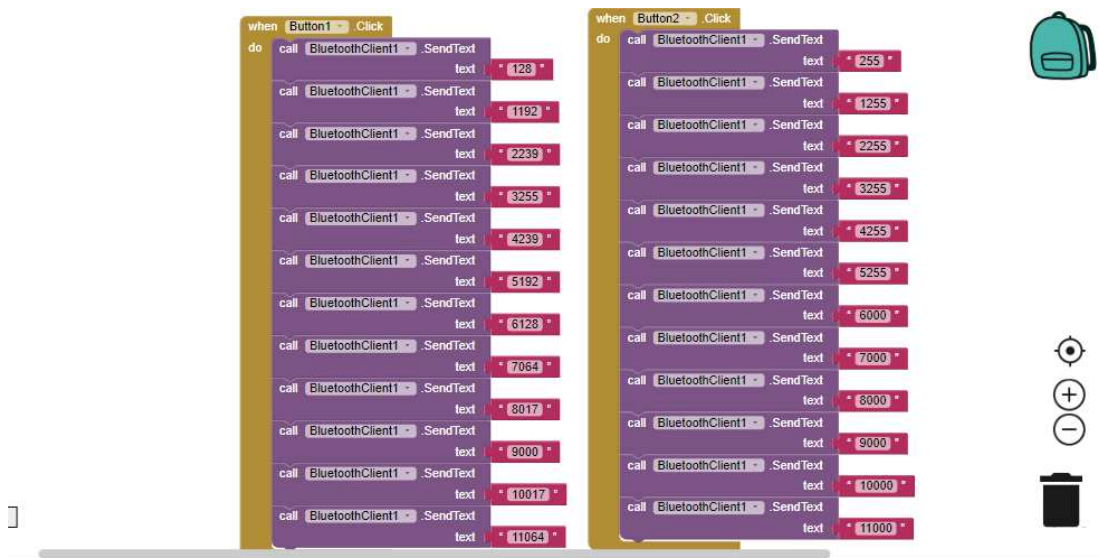


Рисунок 2.6 –Блоки для синусоїдальної і прямокутної функцій

Синусоїдальний і прямокутний формувалися шляхом надсилання певного значення на кожен потенціометр. Ці об'єднані значення утворюватимуть одне коливання хвилі, і воно буде повторюватися, поки користувач не зупинить пристрій або змінить будь-яке положення повзунка.

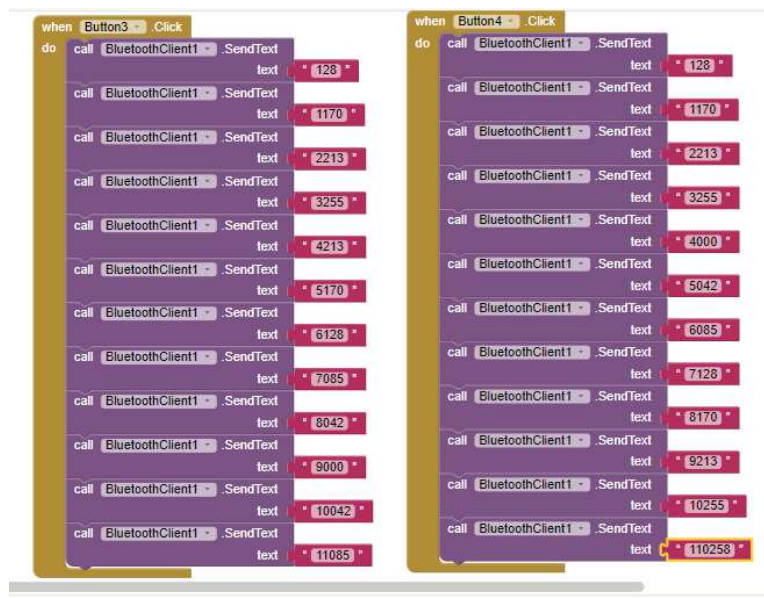


Рисунок 2.7 –Блоки для Трикутної і Пивоварної функцій

В основному той же принцип застосовується і для перших двох форм сигналів, який застосовується і тут для Трикутної і Пивоварної функцій.

2.2.3. Інтерфейс у телефоні

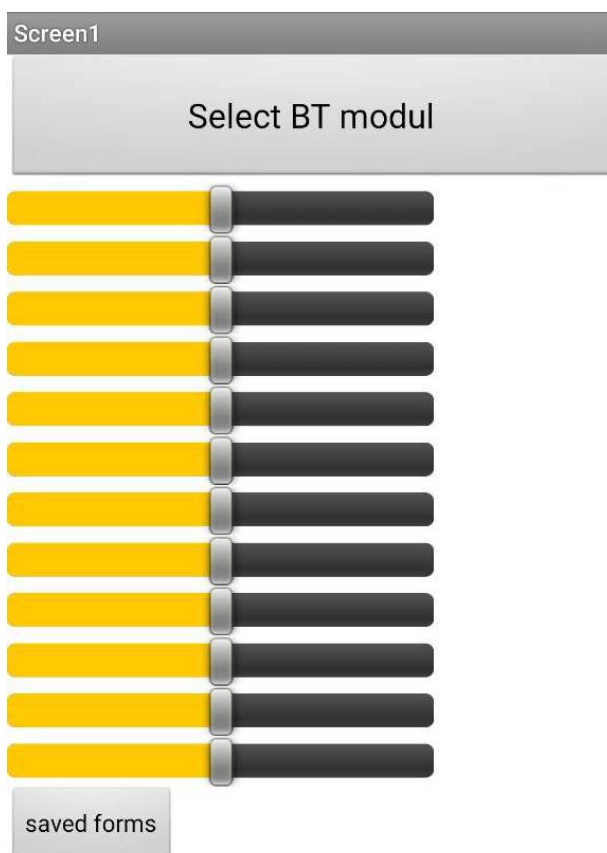


Рисунок 2.8 – Користувальницький інтерфейс під час відкриття програми

Після відкриття програми інтерфейс користувача, з яким користувач може взаємодіяти, - це екран слайдера (Екран 1). Перш за все, користувач повинен підключитися до мікроконтролера за допомогою кнопки «Select BT modul», інакше додаток буде нерегулярно показувати помилку. Після цього користувач може скористатися повзунком з будь-яких потрібних форм хвилі,

або перейти на екран збережених форм (Екран 2), натиснувши кнопку "saved forms".

The image shows a software interface window titled "Screen1". Inside the window, there is a header area with the text "Select BT modul". Below this header, there is a list of 12 horizontal yellow bars, each with a black slider control on the right side. At the bottom of the window, there is a button labeled "saved forms".

Рисунок 2.9 –Приклад довільної форми хвилі може бути використаний

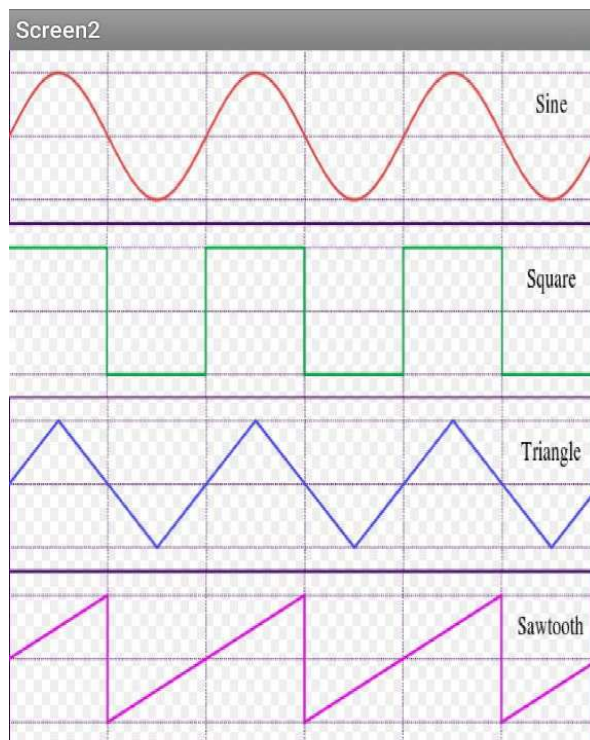


Рисунок 2.10 – інтерфейс під час відкриття “saved forms”

Як показано на малюнку 2.2, це слід заздалегідь зберегти форми сигналів. Лише натиснувши одну з зображень, програма повинна надіслати потрібну конфігурацію мікроконтролеру, щоб пристрій міг генерувати потрібну форму хвилі.

2.3. Моделювання схема

Перш за все, щоб довести принцип роботи, замість того, щоб відразу підключити мікроконтролер до пристрою, його підключили до набору 12 світлодіодів. Отже, надсилаючи значення мікроконтролеру, яскравість світлодіода, що перебуває у напрямку, буде залежати від заданого значення.

					БМ61.07.0206.7020	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

Це повинно продемонструвати, як буде виготовлений цифровий потернтометр.

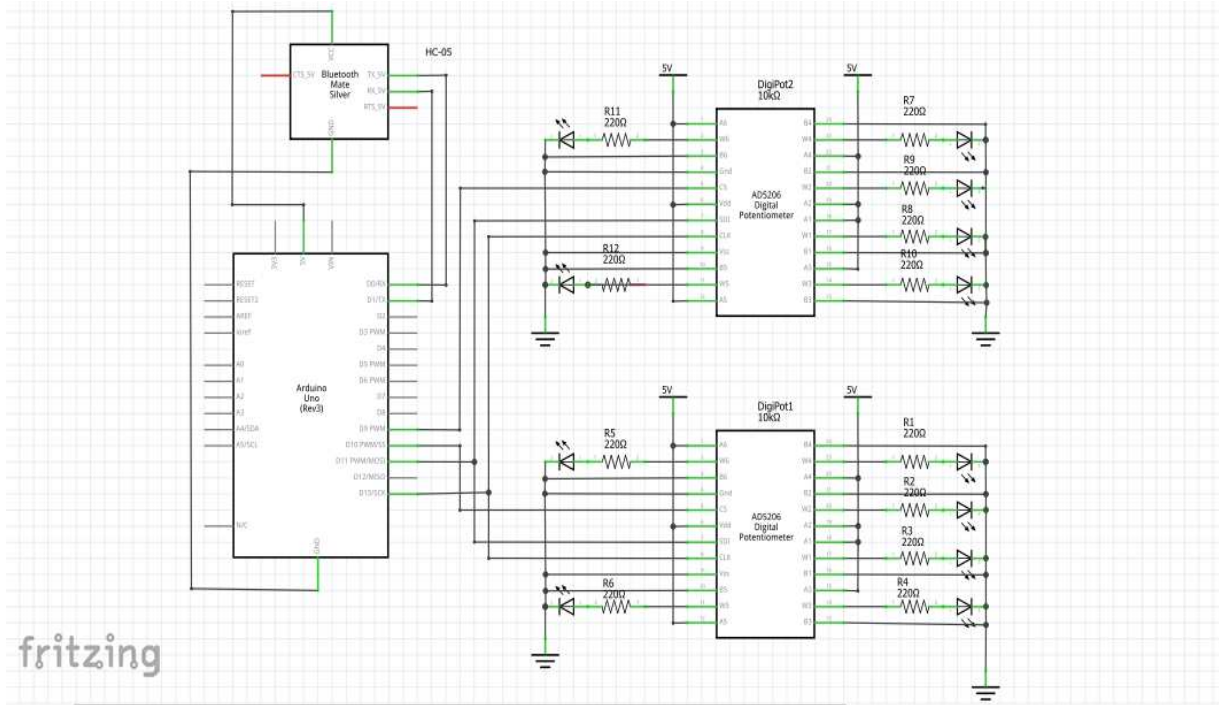


Рисунок 2.10 – Схемазі світлодіодом

Після доведення принцип роботи світлодіоди будуть зняті, а замість цього підключіть цифрові потенціометри до них, вони будуть підключені до 16-бітового мультиплексора, що його вже існує в пристрої, який, відповідно до даних значень, від потенціометрів сформує 4-бітовий сигнал, потім відправляють його в лічильник, щоб повторно повторити, потім в підсилювач, щоб відправити в організм людини. Але, на жаль, Fritzing не містить порівнянню лічильника з одним на пристрої, тому він не може бути представлений у схемі.

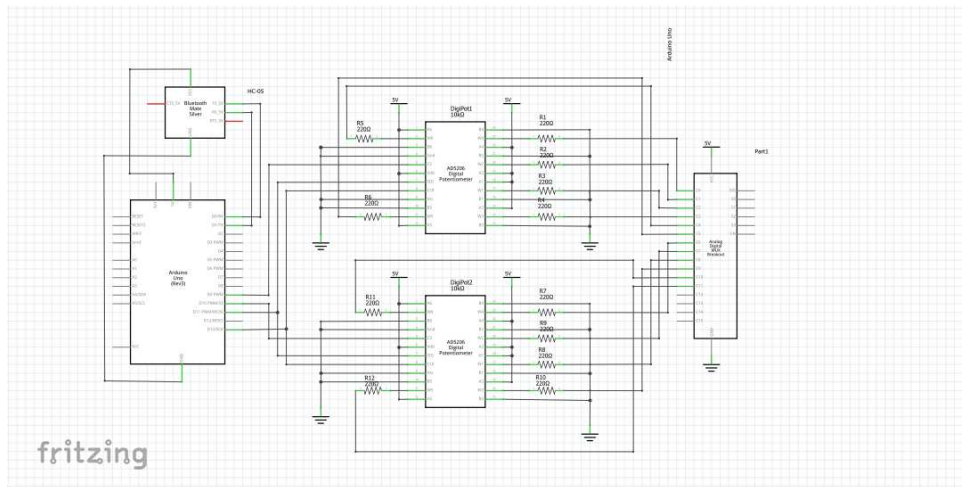


Рисунок 2.11 – Функціональна схема

Висновки до розділу 2

У цьому розділі було показано процес програмування мікроконтролера на функціонал як для ПК, так і для телефону. Потім процес програмування мобільного додатка за допомогою MIT App Inventor 2, і як користувач може взаємодіяти з пристроєм, що використовує його. Нарешті, було показано як примітивну, так і функціональну схему мікроконтролера, що використовується в пристрої

РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ

Дипломна робота виконується на базі НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» факультету біомедичної інженерії.

Метою даного розділу є виявлення та оцінка небезпек, що створюються приладом магнітотерапії, на якому встановлено мікроконтролер. Так як темою дипломного програмування та моделювання системи управління, то у розділі «Охорона праці» було обрано план №3.

3.1. Характеристика прилада і приміщення кабінету

Так як процедурна кімната з приладом магнітотерапії для персоналу є непостійним робочим місцем, а кімната управління є постійним згідно з ДСанПіН ГКП № 248 від 08.04.2014 [14], то розглянуто шкідливі та небезпечні фактори виробничого середовища і трудового процесу в обох приміщеннях.

Основні параметри кабінетів, специфікація технологічного обладнання та оснащення наведені в табл. 3.1, а план приміщення на рис.3.1.

					БМ61.07.0206.7020	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		37

Таблиця 3.1 – План приміщення, специфікація технологічного обладнання та оснащення приміщення

№	Найменування	Основні характеристики	Кількість	Позиція на рисунку
Приміщення процедурної та кімнати управління (КУ) комп'ютерної томографії				
1	Параметри приміщення процедурної	5995*5600*3000; S=33,6 м ² ; V=100,8 м ³	-	-
2	Параметри приміщення КУ	4700*5600*3000; S=26,3 м ² ; V=79 м ³	-	-
3	Кількість працівників	Лаборант, старший лаборант, біомедичний інженер	3	-
4	Природне освітлення	Вікно поворотно-відкидне Steko S300 1200*1400 мм	1	8
5	Штучне освітлення	Світильник ЛПО-01 дволамповий 1313x255x100 мм	8	11
Обладнання та оснащення				
1	Пристрій магнітотерапії	1. Живлення: 220 В, 50 Гц 2. Потужність, споживана апаратом: 200 В*А 3. Частота коливань змінного і пульсуючого полів: 25; 50; 75; 100; 150 Гц 4. Час встановлення робочого режиму: не більше 2 хв 5. Час безперервної роботи: не менше 12 год 6. Габаритні розміри апарата: 340 x 370 x 275 мм 7. Маса апарату: не більше 13 кг	1	1
3	Шафа медична ШфМ – 4.2	Розміри 900*400*1800 мм; матеріал – листову сталь	1	3
4	Стіл-мийка лабораторна СМ-Н	Розміри 1820*620*800 мм; ДСП, металева раковина	1	4
5	Оглядове вікно	Рентген захисне скло (еквівалент 2.1 мм свинця); розміри 1400*1000 мм	1	5
6	Щит управління (ЩУ) АВР BASIC ARM-START 1ф 63/63	Максимальний струм генератора 63 А; максимальна потужність 20 кВт; ступінь захисту –IP54;	1	6
7	Настільний ПК Acer Aspire C24-865 Silver	Розміри діагоналі 23.8»(≈ 606 мм); корпус ПК з алюмінію і пластику; текстолітова плата; до складу компонентів входять полімери і мідь	1	9

Продовження Таблиця 3.1

8	Стіл письмовий ХАТОР-М СР-7	ДСП; розміри 1500*600*750 мм	1	10
9	Вогнегасник типу ОУ-2	Місткість – 2 л, вуглекислотний	1	12
10	Пожежний сповіщувач димовий РИД-1	Пластиковий корпус; площа, що контролюється – до 85 м ²	2	-

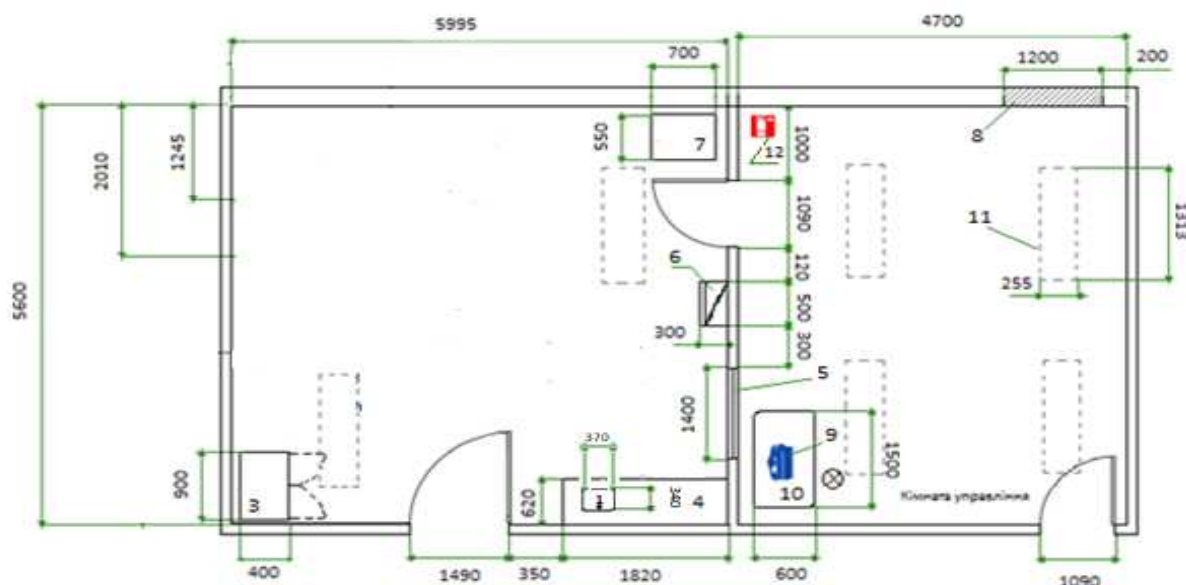


Рисунок 3.1 – План приміщення

Таблиця 3.2 – Реальні та нормативні характеристики приміщення і розміщення КТ

№	Параметр приміщення	Реальне значення	Нормативні значення
1.	Площа на 1 працюючого	19,9 м ²	4,5 м ²
2.	Об'єм на 1 працюючого	59,9 м ³	15 м ³
3.	Мінімальна ширина проходу	2 м	1,5 м
4.	Площа для встановлення пристрою	33,6 м ²	30 м ²
5.	Площа кімнати управління для пристрою	26,3	20 м ²
6.	Відстань від рентген-променевої трубки до оглядового вікна	4 м	не менше 2 м

Нормативні значення взято з ДСанПіН 6.6.3-150-2007 [14]. Згідно з табл. 3.2 всі реальні значення величин лежать у межах нормативних значень,щопередбачені законодавством.

3.2. Джерела фізичних небезпечних і шкідливих факторів

Небезпеки та джерела, що можуть їх викликати до кожної частини обладнання наведені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Основні небезпечні фактори на у приміщеннях

№	Найменування обладнання	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1.	Пристрій магнітної терапії	генератор хвиль	перевищення шуму, поломка апарату	хронічна нейросенсорна приглухуватість.

Шляхом зіставлення проєктованих рівнів показників з їх нормативно допустимими рівнями, складена табл. 3.4. Нормативні значення було взято з ДСанПіН 6.6.3-150-2007 [15].

Таблиця 3.4 – Реальні та нормативні значення небезпечних факторів

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
2.	Шум	80 дБА	60 дБА (при працюючій апаратурі)

Створений Пристрій магнітної терапії шум складає 80дБА,. Параметри шуму відповідають I ступеню 3-го класу шкідливих умов праці згідно з ДСанПіН ГКП № 248 від 08.04.2014 [15].

У табл. 3.5 наведені заходи з ОП різного типу, які є в конструкції або їх необхідно провести для безпечного користування пристроєм для запобігання виникненню фізичних шкідливих та небезпечних факторів.

Таблиця 3.5 – Заходи з забезпечення охорони праці

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1.	Технічні заходи	використання шумопоглинальних матеріалів	захист від шуму
2.	Організаційні заходи	первинний інструктаж з ОП	навчання з питань безпеки при експлуатації апарату
3.	Режимні заходи	недопущення появи сторонніх осіб в приміщенні	захист від рентгенівського випромінювання, аварійних ситуацій
4.	Експлуатаційні заходи	проведення індивідуального дозиметричного контролю	моніторинг отриманих доз персоналом
5.	ЗІЗ	згідно посади користувача	індивідуальний захист

3.3. Небезпека ураження електричним струмом

Підлога в процедурній виконана з діелектричних матеріалів. Основні джерела електронебезпеки наведені в табл. 3.6. Реальні та нормативні значення небезпечних факторів описані в табл. 3.7, а нижче запропоновані заходи їх унесення (табл. 3.8).

Таблиця 3.6 – Небезпеки ураження електричним струмом

№	Найменування обладнання	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Блок живлення пристрою	електричний струм	напруга, що створюється різницею потенціалів блоку	травми персоналу, пошкодження обладнання
2.	Щит управління ABP BASIC ARM-START 1ф 63/63	електричний струм	напруга, що створюється різницею потенціалів на щиті	травми персоналу, пошкодження обладнання

Таблиця 3.7 – Реальні та нормативні фактори небезпеки

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1.	Напруга на блоці живлення пристрою та щиті управління	220 В	220 В

Таблиця 3.8 – Заходи з забезпечення електробезпеки

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1.	Технічні заходи	пристрій захисного відключення	пониження напруги
		стабілізатор напруги	стабілізація напруги
2.	Організаційні заходи	інструкція з експлуатації	навчання з питань безпеки при експлуатації приладу
3.	Режимні заходи	недопущення появи сторонніх осіб в приміщенні	захист від ураження електричним струмом
4.	Експлуатаційні заходи	технічний огляд та перевірка	уникнення поломок обладнання
5.	ЗІЗ	згідно посади користувача	індивідуальний захист

3.4. Небезпека пожежі

Джерелами пожежної небезпеки можуть бути блок живлення пристрою та щит управління (табл. 3.9).

Таблиця 3.9 – Небезпеки пожежного характеру

№	Найменування функціонального блоку	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1.	Блок живлення пристрою	напруга на контактах	коротке замикання, нагрівання суміжних елементів	Пожежа
2.	Щит управління АВР BASIC ARM-START 1ф 63/63	напруга на елементах щита	коротке замикання, нагрівання суміжних елементів	Пожежа

Реальні значення напруги на блоці живлення пристрою та щиті управління в межах нормативних значень (табл. 3.10). Заходи, що зменшують можливість виникнення пожежі наведено в таблиці 3.1

Таблиця 3.10– Нормативні значення ПБ визначеного приміщення

№ п.п.	Нормативний параметр ПБ	Маркування параметру	Критерій вибору
1.	Клас(и) пожежі	Клас А (підклас А1)	Тверді та волокнисті матеріали – шафа, столи
		Клас Е	Технічне обладнання – електроустановки під напругою
2.	Категорія приміщення за пожежною небезпекою	Категорія В	Горючі та важкогорючі матеріали
3.	Пожежонебезпечна зона	Клас П-ІІа	Тверді горючі речовини

Таблиця 3.11– Заходи з забезпечення охорони праці

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1.	Технічні заходи	Порошковий вогнегасник ВП-2, 2 од.	Категорія приміщення В, клас пожежі А і Е, площа приміщення 33,6 м ²
		Димові пожежні сповіщувачі ДИП-1, 2 од.	Висота приміщення 3 метри, наявність цінного обладнання
2.	Організаційні заходи	інструкція з експлуатації технологічного обладнання	навчання з питань безпеки при експлуатації магнітрона
3.	Експлуатаційні заходи	регулярне проведення перевірки частин обладнання	перевірка надійності живлення

Висновки до розділу 3

У розділі з ОП розглянуті небезпеки фізичного, пожежного та електричного характеру, розроблені та описані заходи для їх зменшення або усунення.

Характеристики Пристрій магнітної терапії відповідають нормативним значенням за умови дотримання експлуатаційних вимог даного обладнання.

					БМ61.07.0206.7020	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43

ВИСНОВКИ

В процесі виконання дипломної роботи було виконано:

- Розроблена загальний огляд магнітотерапії;
- Представлені використані частини та програми;
- Програмування мікроконтролера;
- Розробка мобільного додатку;
- Моделювання примітивних та функціональних версій пристрою;
- Встановлення мікроконтролера в пристрій.

В результаті роботи було виконані поставлені мета і задачі, крім Встановлення мікроконтролера в пристрій, оскільки, як вже було зазначено, під час карантину (згідно постанови Кабінету Міністрів України від 11 березня 2020 р. № 211) не було доступу до інституту, де знаходиться вся необхідна апаратура.

Результатом роботи є мікроконтролер, який можна встановити в конкретний прилад магнітотерапії, який дозволить користувачеві керувати пристроєм різними способами, особливо при використанні мобільного додатка, та річ, яка дозволить користувачеві мати більше функціональних можливостей.

					БМ61.07.0206.7020	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. магнітотерапія [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://healthpsych.psy.vanderbilt.edu/MAGNETICTHERAPY.htm>.
2. Arduino [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>.
3. ATmega328p [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328p>.
4. AD5206 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.analog.com/en/products/ad5206.html#product-overview>.
5. HC-05[Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://components101.com/wireless/hc-05-bluetooth-module>.
6. App Inventor - A view into learning about computers through building mobile applications [Електронний ресурс] // Н. Abelson and M. Friedman. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.sigcse.org/sigcse2010/attendees/supportersessions.php>
7. MITAppInventor 2 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://opensource.org/licenses/MIT>.
8. магнітотерапія [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://learn.healthpro.com/magnetic-therapy/>
9. ОСНОВЫ ИМПУЛЬСНОЙ МАГНИТОТЕРАПИИ, 2008. – (Е. И. Золотухина, В. С. Улащик)., стр.
10. Fritzing [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://fritzing.org/home/>.
11. Fritzing [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://cxem.net/software/fritzing.php>

					БМ61.07.0206.7020	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Sinewave [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://masmagnetics.com/sine/>
13. Sawtoothwave [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.pemf.com/en/magnetic-field/waveforms.html>
14. The Design of Diagnostic Medical Facilities where Ionising Radiation is used – Radiological Protection Institute of Ireland, 2009. – 112 с
15. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу»: затв. наказом Міністерства охорони здоров'я України від 08.04.2014 № 248. Офіційний вісник України. 2014. № 41. С.94.

					БМ61.07.0206.7020	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток

код А

```
// include the SPI library:
```

```
#include <SPI.h>
```

```
// set pin 10 as the slave select for the first digital pot:
```

```
const int SS1 = 10;
```

```
// set pin 11 as the slave select for the second digital pot:
```

```
const int SS2 = 9;
```

```
void setup() {
```

```
    Serial.begin(9600);
```

```
    // set SS1 and SS2 as an output:
```

```
    pinMode(SS1, OUTPUT);
```

```
    pinMode(SS2, OUTPUT);
```

```
    // initialize SPI:
```

```
    SPI.begin();
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
    // the user chooses one of the potentiometers
```

```
    Serial.print("choose the potentiometer");
```

```
    int channel = Serial.parseInt()
```

```
    if (( channel>=0 ) && ( channel<12 )){
```

```
        // the user chooses the value of the selected potentiometer
```

```
        Serial.print("choose the for the potentiometer");
```

```
        int value = Serial.parseInt()
```

```
        if (( value>= 0 )&& ( value<= 255)){
```

```
        if(( channel>=0 ) && ( channel<6)){
```

```
            // Callinfg the fonction digitalPotWrite1
```

```
            digitalPotWrite1(channel , value )
```

```
        delay(10)
```

					БМ61.07.0206.7020	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

```

    }
else{
    // Callinfg the fonction digitalPotWrite2
    digitalPotWrite2(( channel-6 ), int value)
delay(10)
    }
}
else{
    Serial.print("The value is not correct")
    }
}
else{
    Serial.print("There is no such potentiometer!")
    }
}

```

```

void digitalPotWrite1(int channel, int value) {
    // take the SS pin low to select the chip:
digitalWrite(SS1, LOW);
delay(100);
    // send in the channel and value via SPI:
    SPI.transfer(channel);
    SPI.transfer(value);
delay(100);
    // take the SS pin high to de-select the chip:
digitalWrite(SS1, HIGH);
}

```

```

void digitalPotWrite2(int channel, int value) {
    // take the SS pin low to select the chip:
digitalWrite(SS2, LOW);
delay(100);
    // send in the channel and value via SPI:
    SPI.transfer(channel);
}

```

					БМ61.07.0206.7020	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

```

    SPI.transfer(value);
delay(100);
    // take the SS pin high to de-select the chip:
digitalWrite(SS2, HIGH);

код В
// include the SPI library:
#include <SPI.h>

// set pin 10 as the slave select for the first digital pot:
const int SS1 = 10;
// set pin 11 as the slave select for the second digital pot:
const int SS2 = 9;

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    // set SS1 and SS2 as an output:
pinMode(SS1, OUTPUT);
pinMode(SS2, OUTPUT);
    // initialize SPI:
    SPI.begin();
}

void loop() {
    // the user chooses one of the potentiometers
    int value = Serial.parseInt()
    if (( value>= 0 )&& ( value<= 255)){
        int channel = 0
        // Callinfg the fonction digitalPotWrite1
        digitalPotWrite1(channel , value )
    }
    else if (( value>= 1000 )&& ( value<= 1255)){
        int channel = 1
        // Callinfg the fonction digitalPotWrite1

```

					БМ61.07.0206.7020	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		


```

digitalPotWrite1(channel , value - 1000 )
}
else if (( value>= 2000 )&& ( value<= 2255)){
int channel = 2
// Callinfg the fonction digitalPotWrite1
digitalPotWrite1(channel , value - 2000 )
}
else if (( value>= 3000 )&& ( value<= 3255)){
int channel = 3
// Callinfg the fonction digitalPotWrite1
digitalPotWrite1(channel , value - 3000 )
}
else if (( value>= 4000 )&& ( value<= 4255)){
int channel = 4
// Callinfg the fonction digitalPotWrite1
digitalPotWrite1(channel , value - 4000 )
}
else if (( value>= 5000 )&& ( value<= 5255)){
int channel = 5
// Callinfg the fonction digitalPotWrite1
digitalPotWrite1(channel , value - 5000 )
}
else if (( value>= 6000 )&& ( value<= 6255)){
int channel = 0
// Callinfg the fonction digitalPotWrite2
digitalPotWrite2(channel , value - 6000 )
}
else if (( value>= 7000 )&& ( value<= 7255)){
//
int channel = 1
// Callinfg the fonction digitalPotWrite2
digitalPotWrite2(channel , value - 7000 )
}
else if (( value>= 8000 )&& ( value<= 8255)){
int channel = 2

```

					БМ61.07.0206.7020	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		50

```

// Callinfg the fonction digitalPotWrite2
digitalPotWrite2(channel , value - 8000 )
}
else if (( value>= 9000 )&& ( value<= 9255)){
int channel = 3
// Callinfg the fonction digitalPotWrite2
digitalPotWrite2(channel , value - 9000 )
}
else if (( value>= 10000 )&& ( value<= 10255)){
int channel = 4
// Callinfg the fonction digitalPotWrite2
digitalPotWrite2(channel , value - 10000 )
}
if (( value>= 1100 )&& ( value<= 11255)){
int channel = 5
// Callinfg the fonction digitalPotWrite2
digitalPotWrite2(channel , value - 11000 )
}
}

```

```

void digitalPotWrite1(int channel, int value) {
    // take the SS pin low to select the chip:
    digitalWrite(SS1, LOW);
    delay(100);
    // send in the address and value via SPI:
    SPI.transfer(address);
    SPI.transfer(value);
    delay(100);
    // take the SS pin high to de-select the chip:
    digitalWrite(SS1, HIGH);
}

```

```

void digitalPotWrite2(int channel, int value) {
    // take the SS pin low to select the chip:
    digitalWrite(SS2, LOW);
    delay(100);
}

```

					БМ61.07.0206.7020	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

```
// send in the address and value via SPI:
SPI.transfer(address);
SPI.transfer(value);
delay(100);
// take the SS pin high to de-select the chip:
digitalWrite(SS2, HIGH);
```

					БМ61.07.0206.7020	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		52